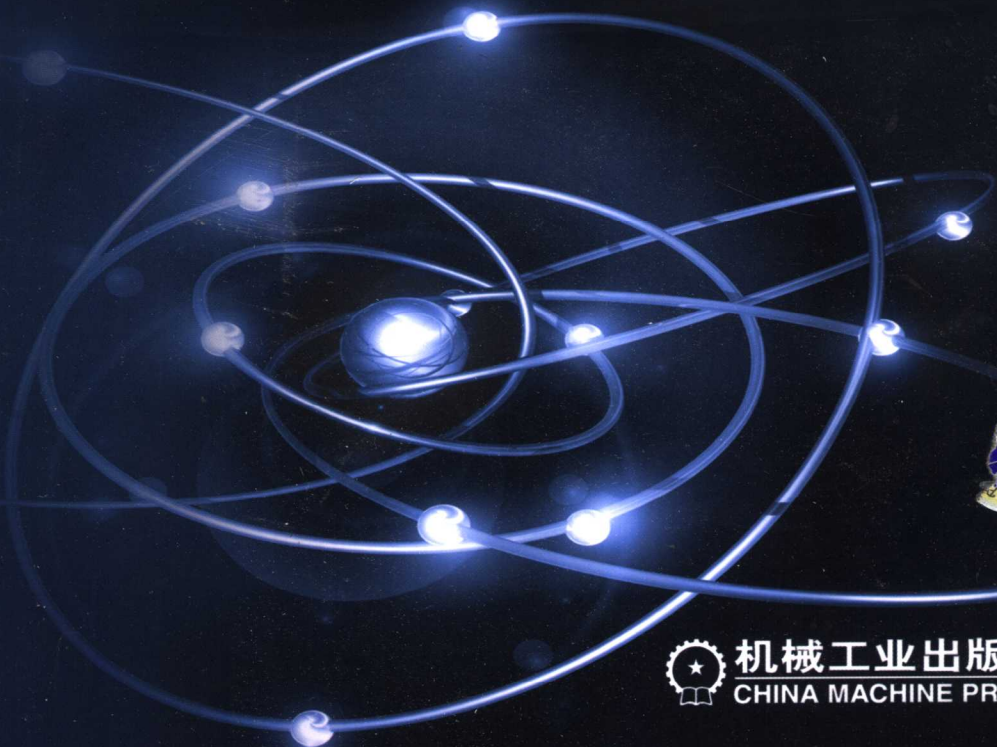


普通高等教育基础课规划教材

物理学

学习指南与思考题、习题全解

赵丽萍 王婕 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育基础课规划教材

物 理 学

学习指南与思考题、习题全解

主 编 赵丽萍 王 婕
副主编 李红艳 张宝金
参 编 蔡传锦 季燕菊 秦希峰



机械工业出版社

本书是为配合马文蔚改编的《物理学》(第五版)而编写的学习指南与思考题、习题全解。

书中每章内容分为三大部分。第一部分为学习指南:它紧扣教材,对《物理学》讲述的内容进行了系统的归纳总结,高度概括地阐述了每一章的基本要求、重点和难点、基本概念及规律,给出了典型解题示例。第二部分为《物理学》中全部思考题(问题)的解答:它力求通过对题目的分析、解答,加深学生对物理概念的理解,拓宽学生的思路。第三部分为《物理学》中全部习题的解答:它详细阐述了解题的基本方法和基本技巧,思路清晰,逻辑严谨。全书共收集解答了900多道大学物理题。本书的宗旨在于帮助读者熟练掌握大学物理课程的基本知识,学会和掌握求解大学物理各类问题的思路、方法和技巧,提高分析问题和解决问题的能力,达到事半功倍的效果。

本书可作为高等学校理工科学生学习大学物理的学习指导书,也可作为从事大学物理教学教师的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

物理学学习指南与思考题、习题全解/赵丽萍,王婕主编.
—北京:机械工业出版社,2007.3
普通高等教育基础课规划教材
ISBN 978-7-111-20648-4

I. 物… II. ①赵…②王… III. 物理学—高等学校—解
题 IV. 04-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 023597 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:郑 玫 版式设计:张世琴 责任校对:申春香
封面设计:马精明 责任印制:李 妍
北京铭成印刷有限公司印刷
2007 年 4 月第 1 版第 1 次印刷
169mm×225mm·15.875 印张·566 千字
标准书号:ISBN 978-7-111-20648-4
定价:33.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010)68326294
购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010)88379711
封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是与马文蔚改编的《物理学》(第五版)配套的学习用书,是一本指导性和实用性较强的大学物理学习指导书。

书中列出了每一章的基本要求、重点和难点、基本概念及规律、解题示例。其目的是使学生在阅读教材时有一条清晰的线索,学习目标明确,能正确掌握重点、难点,对全章内容有一个整体的了解;同时起到总结归纳所学知识、巩固学习成果的作用。解题示例是结合每章的重点、难点,列举了适量的具有一定难度或综合性的典型例题,以期帮助读者加深理解所学知识,掌握求解大学物理各类问题的思路、方法和技巧,提高分析问题和解决问题的能力。

《物理学》中习题量很大,且有一定的难度,求解这些习题将花费很多的精力和时间。为此,我们组织有多年教学经验的教师对全部思考题和习题进行了详细解答。本书是一本使学生开阔思路、深化所学知识、掌握解题方法、提高解题技巧的学习辅导书,也是物理教师非常实用的教学辅助用书。

本书由赵丽萍、王婕任主编,李红艳、张宝金任副主编。承担编写工作的有:李红艳(第一、二、十一章)、蔡传锦(第三、四章)、王婕(第五、六章)、赵丽萍(第七、八、十四章)、季燕菊(第九、十章)、张宝金(第十二、十三章)、秦希峰(第十五章)。全书由赵丽萍、李红艳统稿并定稿;由王婕、张宝金审查图稿;由许福运、庞岩涛主审。

由于编者水平有限,书中难免会有疏漏和不妥之处,恳请读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

前言	
第一章 质点运动学	1
学习指南	1
一、基本要求	1
二、重点和难点	1
三、基本概念及规律	1
四、解题示例	4
问题解答	9
习题解答	12
第二章 牛顿定律	29
学习指南	29
一、基本要求	29
二、重点和难点	29
三、基本概念及规律	29
四、解题示例	31
问题解答	36
习题解答	38
第三章 动量守恒定律和能量守恒定律	54
学习指南	54
一、基本要求	54
二、重点和难点	54
三、基本概念及规律	54
四、解题示例	58
问题解答	66
习题解答	72
第四章 刚体的转动	92
学习指南	92
一、基本要求	92
二、重点和难点	92
三、基本概念及规律	92
四、解题示例	96
问题解答	102
习题解答	106
第五章 静电场	126
学习指南	126
一、基本要求	126
二、重点和难点	126
三、基本概念及规律	126
四、解题示例	129
问题解答	135
习题解答	142
第六章 静电场中的导体与电介质	165
学习指南	165
一、基本要求	165
二、重点和难点	165
三、基本概念及规律	165
四、解题示例	168
问题解答	175
习题解答	180
第七章 恒定磁场	201
学习指南	201
一、基本要求	201

二、重点和难点	201	二、重点和难点	357
三、基本概念及规律	202	三、基本概念及规律	358
四、解题示例	208	四、解题示例	361
问题解答	219	问题解答	366
习题解答	227	习题解答	374
第八章 电磁感应 电磁场	246	第十二章 气体动理论	390
学习指南	246	学习指南	390
一、基本要求	246	一、基本要求	390
二、重点和难点	246	二、重点和难点	390
三、基本概念及规律	246	三、基本概念及规律	390
四、解题示例	250	四、解题示例	392
问题解答	260	问题解答	397
习题解答	270	习题解答	402
第九章 振动	288	第十三章 热力学基础	416
学习指南	288	学习指南	416
一、基本要求	288	一、基本要求	416
二、重点和难点	288	二、重点和难点	416
三、基本概念及规律	288	三、基本概念及规律	416
四、解题示例	293	四、解题示例	420
问题解答	300	问题解答	427
习题解答	304	习题解答	432
第十章 波动	325	第十四章 相对论	450
学习指南	325	学习指南	450
一、基本要求	325	一、基本要求	450
二、重点和难点	325	二、重点和难点	450
三、基本概念及规律	326	三、基本概念及规律	450
四、解题示例	330	四、解题示例	453
问题解答	336	问题解答	459
习题解答	340	习题解答	464
第十一章 光学	357	第十五章 量子物理	475
学习指南	357	学习指南	475
一、基本要求	357	一、基本要求	475

二、重点和难点	475	问题解答	483
三、基本概念及规律	475	习题解答	488
四、解题示例	480	参考文献	501

第一章 质点运动学

学 习 指 南

一、基本要求

- 1) 熟练掌握描述质点运动的四个基本物理量——位置矢量、位移、速度和加速度，明确它们的相对性、瞬时性、矢量性和独立性。
- 2) 熟练掌握求解质点运动学中的两类问题，即由运动方程求速度、加速度和由速度或加速度求运动方程。
- 3) 掌握用角量表示的圆周运动基本规律及角量与线量的关系，能熟练计算质点的角速度、角加速度以及切向加速度和法向加速度。
- 4) 了解相对运动的位移关系和速度关系。

二、重点和难点

1. 重点

- 1) 描述质点运动的四个基本物理量的矢量性及其相互关系的矢量计算。
- 2) 描述质点曲线运动的基本规律及其有关计算。

2. 难点

- 1) 速度、加速度的矢量性和相对性及其在具体问题中的应用。
- 2) 由速度或加速度及初始条件求运动方程。

三、基本概念及规律

1. 描述质点运动的基本物理量

(1) 位置矢量 r (位矢) 位矢是描述质点位置的物理量，它是从所选定的坐标原点指向质点所在位置的有向线段，是矢量，具有矢量性。当质点运动时，在不同时刻，其位矢不同，具有瞬时性。选取不同的坐标系，位矢不仅大小不同，方向也不同，具有相对性。位矢在直角坐标系中的表示式为

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$$

运动方程 位置矢量随时间变化的关系式为

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$$

运动方程在直角坐标系中的表示式为

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k}$$

(2) 位移 $\Delta \mathbf{r}$ 位移是描述质点位置变化大小和方向的物理量, 它是从质点初始时刻位置指向终时刻位置的有向线段, 如图 1-1, 即

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A$$

位移在直角坐标系中的表示式为

$$\Delta \mathbf{r} = (x_B - x_A)\mathbf{i} + (y_B - y_A)\mathbf{j} + (z_B - z_A)\mathbf{k}$$

注意位移与路程的区别, 路程是质点在空间运动轨迹的长度, 是标量, 用 Δs 表示。一般情况下, 位移的大小并不等于路程, 只有质点始终沿某一方向作直线运动, 它们才相等。另外, 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $|\mathrm{d}\mathbf{r}| = \mathrm{d}s$ 。

还要注意 $|\Delta \mathbf{r}|$ 与 Δr 的区别, 在图 1-1 中的线段 OB 上取 $OA' = OA$, $A'B$ 的大小为 $\Delta r = r_B - r_A$ 表示质点离开坐标原点距离的变化, 它与位移的大小 $|\Delta \mathbf{r}|$ 是两个不同的概念。

(3) 速度 $\mathbf{v}$ 速度是描述质点位置变化快慢和方向的物理量, 是矢量。速率是描述质点运动路程随时间变化快慢的物理量, 是标量。

平均速度

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$$

速度(瞬时速度)

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{\mathrm{d}\mathbf{r}}{\mathrm{d}t}$$

速度在直角坐标系中的表示式

$$\mathbf{v} = v_x\mathbf{i} + v_y\mathbf{j} + v_z\mathbf{k}$$

注意: 瞬时速度的大小等于瞬时速率, 平均速度的大小不等于平均速率。

(4) 加速度 $\mathbf{a}$ 加速度是描述质点速度变化快慢和方向的物理量, 是矢量。

平均加速度

$$\bar{\mathbf{a}} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}$$

加速度(瞬时加速度)

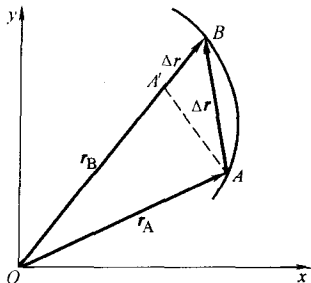


图 1-1

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2}$$

加速度在直角坐标系中的表示式

$$\mathbf{a} = a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j} + a_z \mathbf{k}$$

加速度在自然坐标系中的表示式

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_t = \frac{v^2}{\rho} \mathbf{e}_n + \frac{dv}{dt} \mathbf{e}_t$$

2. 圆周运动

(1) 角坐标(角位置) 描述质点位置的物理量, 用 θ 表示。

(2) 角位移 描述质点角位置变化的物理量。

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

(3) 角速度 描述质点角位置变化快慢的物理量。

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

(4) 角加速度 描述质点角速度变化快慢的物理量。

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

(5) 角量与线量的关系

$$s = r\theta$$

$$v = \frac{ds}{dt} = r\omega$$

$$a_t = \frac{dv}{dt} = r\alpha$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = r\omega^2$$

3. 运动学求解的两类问题及解题方法

(1) 第一类问题 由已知的运动方程求速度和加速度——用求导法;

(2) 第二类问题 由已知质点的速度或加速度及初始条件, 求质点的运动方程——用积分法。

4. 相对运动 质点相对静止坐标系 S 的速度为 $\mathbf{v}$, 相对运动坐标系 S' 的速度为 $\mathbf{v}'$, S' 系相对 S 系的平动速度为 $\mathbf{u}$, 则

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}' + \mathbf{u}$$

上式称为速度变换公式。式中 $\mathbf{v}$ 叫做绝对速度; $\mathbf{v}'$ 叫做相对速度; $\mathbf{u}$ 叫做牵连

速度。

四、解题示例

例 1-1 已知质点的运动方程为 $\mathbf{r} = 2t\mathbf{i} + (19 - 2t^2)\mathbf{j}$ 式中 r 以 m 计, t 以 s 计, 试求: (1) 轨道方程; (2) $t = 1\text{s}$ 时质点的速度和加速度。

解 (1) 因 $x = 2t$ $y = 19 - 2t^2$, 消去时间 t 得轨道方程

$$y = 19 - \frac{1}{2}x^2$$

(2) 对运动方程求导, 得到任意时刻的速度

$$\mathbf{v} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j} = 2\mathbf{i} - 4t\mathbf{j}$$

对速度求导, 得到任意时刻的加速度

$$\mathbf{a} = \frac{dv_x}{dt}\mathbf{i} + \frac{dv_y}{dt}\mathbf{j} = -4\mathbf{j}$$

$t = 1\text{s}$ 时

$$\mathbf{v} = 2\mathbf{i} - 4\mathbf{j} \quad \mathbf{a} = -4\mathbf{j}$$

速度大小

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 4.47\text{m/s}$$

速度方向与 x 轴夹角

$$\theta = \arctan\left(\frac{v_y}{v_x}\right) = -63^\circ 26'$$

加速度大小

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 4\text{m/s}^2$$

加速度方向与 y 轴正方向相反。

简注 本题是一个典型的运动学第一类问题, 即由已知的运动方程求速度和加速度。在求解中注意矢量符号的正确写法。

例 1-2 一匀质圆盘, 半径 $R = 1\text{m}$, 绕通过圆心垂直盘面的固定竖直轴转动。 $t = 0$ 时, $\omega_0 = 0$, 其角加速度按 $\alpha = \frac{t}{2}$ 的规律变化。问 t 为何值时圆盘边缘某点的加速度与半径成 45° 角?

解 由 $\frac{d\omega}{dt} = \alpha$ 可求出质点作圆周运动的角速度

$$\int_0^{\omega} d\omega = \int_0^t \frac{t}{2} dt$$

$$\omega = \frac{t^2}{4}$$

在自然坐标系中，质点法向加速度和切向加速度分别为

$$a_n = R\omega^2 = \frac{Rt^4}{16}$$

$$a_t = R\alpha = \frac{Rt}{2}$$

圆盘边缘某点的加速度与半径成 45° 角，即 $a_n = a_t$ ，所以

$$t = 2s$$

简注 此例是在自然坐标系中求解运动学第二类问题，并运用了线量与角量之间的关系。

例 1-3 已知一质点由静止出发，它的加速度为 $\mathbf{a} = 10t\mathbf{i} + 15t^2\mathbf{j}$ ，试求 $t = 2s$ 时质点的速度和位置。

解 取质点的出发点为坐标原点，由题意可知

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = 10t$$

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} = 15t^2$$

对上式分别积分，并代入初始条件 $t = 0$ 时， $v_{0x} = v_{0y} = 0$ 得

$$v_x = \int_0^t a_x dt = \int_0^t 10t dt = 5t^2$$

$$v_y = \int_0^t a_y dt = \int_0^t 15t^2 dt = 5t^3$$

即

$$\mathbf{v} = 5t^2\mathbf{i} + 5t^3\mathbf{j}$$

将 $t = 2s$ 代入上式得

$$\mathbf{v} = 20\mathbf{i} + 40\mathbf{j}$$

又因为

$$v_x = \frac{dx}{dt} = 5t^2$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = 5t^3$$

同样对上式积分, 并代入初始条件 $t=0$ 时, $x_0=y_0=0$ 得

$$x = \int_0^t v_x dt = \int_0^t 5t^2 dt = \frac{5}{3}t^3$$

$$y = \int_0^t v_y dt = \int_0^t 5t^3 dt = \frac{5}{4}t^3$$

即

$$\mathbf{r} = \frac{5}{3}t^3\mathbf{i} + \frac{5}{4}t^4\mathbf{j}$$

将 $t=2\text{s}$ 代入上式得

$$\mathbf{r} = \frac{40}{3}\mathbf{i} + 20\mathbf{j}$$

简注 本题属于求解质点运动学的第二类问题, 已知质点的加速度, 求解质点的速度及位置(或运动方程)。

例 1-4 在质点运动中, 已知 $x = ae^{kt}$, $\frac{dy}{dt} = -bke^{-kt}$, $t=0$ 时, $y=b$ 。求质点的加速度和轨道方程。

解 由 $x = ae^{kt}$ 得 x 方向的速度、加速度分别为

$$v_x = \frac{dx}{dt} = ake^{kt}$$

$$a_x = \frac{d^2x}{dt^2} = ak^2e^{kt}$$

由 $\frac{dy}{dt} = -bke^{-kt}$ 得 y 方向的加速度以及运动方程分别为

$$a_y = \frac{d^2y}{dt^2} = bk^2e^{-kt}$$

$$\int_b^y dy = \int_0^t -bke^{-kt} dt$$

$$y = be^{-kt}$$

质点的加速度为

$$\mathbf{a} = ak^2e^{kt}\mathbf{i} + bk^2e^{-kt}\mathbf{j}$$

由 $x = ae^{kt}$, $y = be^{-kt}$ 消去 t 得轨道方程

$$xy = ab$$

简注 本题属于求解质点运动学的二类问题的综合。注意在求 y 方向的运动方程时初始条件的应用。

例 1-5 一质点作一维运动, 其加速度为 $a = -kx$, k 为正值常数。已知 $t=0$ 时质点瞬时静止于 $x=x_0$ 处, 求质点的运动规律。

解 将加速度变换为

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = v \frac{dv}{dx} = -kx \quad (1)$$

将式①分离变量后积分, 并代入初始条件 $t=0$ 时, $x=x_0$, $v_0=0$ 得

$$\int_0^v v dv = \int_{x_0}^x -kx dx$$

即

$$v^2 = k(x_0^2 - x^2)$$

$$v = \frac{dx}{dt} = \sqrt{k(x_0^2 - x^2)} \quad (2)$$

将式②分离变量后积分, 并代入初始条件 $t=0$ 时, $x=x_0$ 得

$$\int_{x_0}^x \frac{dx}{\sqrt{x_0^2 - x^2}} = \int_0^t \sqrt{k} dt$$

即 $x = x_0 \cos \sqrt{k}t$, 质点沿 x 轴作简谐振动。

简注 本题属于求解质点运动学的第二类问题, 此类问题一般不能直接积分, 需做变换 $a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = v \frac{dv}{dx}$, 然后再进行求解。

例 1-6 一气球以速率 v_0 从地面向上, 由于风的影响, 随着高度的上升, 气球的水平速按 $v_x = by$ 增大, 其中 b 是正的常量, y 是从地面算起的高度, x 轴取水平向右为正。求

- (1) 气球的运动方程;
- (2) 气球水平飘移的距离与高度的关系;
- (3) 气球沿轨道运动的切向加速度和轨道的曲率与高度的关系。

解 (1) 取平面直角坐标系如图 1-2 所示, 令 $t=0$ 时, 气球位于坐标原点(地面)。已知, $v_x = by$, $v_y = v_0$, 显然有

$$y = v_0 t$$

$$\frac{dx}{dt} = by = bv_0 t$$

对上式两边积分

$$\int_0^x dx = \int_0^t bv_0 t dt$$

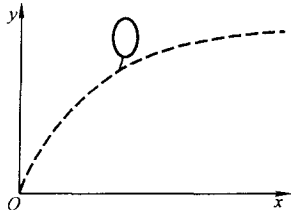


图 1-2

得

$$x = \frac{bv_0}{2}t^2$$

所以气球的运动方程为

$$\mathbf{r} = \frac{bv_0}{2}t^2\mathbf{i} + v_0t\mathbf{j}$$

(2) 轨道方程

$$x = \frac{b}{2v_0}y^2$$

(3) 因为气球的运动速率

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{b^2y^2 + v_0^2} = \sqrt{b^2v_0^2t^2 + v_0^2}$$

所以气球的切向加速度

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{b^2v_0t}{\sqrt{b^2t^2 + 1}} = \frac{b^2v_0y}{\sqrt{b^2y^2 + v_0^2}}$$

因 $a_n = \sqrt{a^2 - a_t^2}$, 且有

$$a^2 = a_x^2 + a_y^2 = \left(\frac{dv_x}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dv_y}{dt}\right)^2 = b^2v_0^2$$

则气球的法向加速度

$$a_n = \frac{bv_0^2}{\sqrt{b^2y^2 + v_0^2}}$$

再由 $\frac{v^2}{\rho} = a_n$ 得

$$\rho = \frac{v^2}{a_n} = \frac{(b^2y^2 + v_0^2)^{\frac{3}{2}}}{bv_0^2}$$

简注 本题属于求解质点运动学中两类问题相混合的题目, 求解加速度应注意, 本题是由直角坐标系表示的速度求自然坐标系表示的加速度。由于气球作一般曲线运动, ρ 是未知的, 所以 a_n 不能用 $\frac{v^2}{\rho}$ 求出, 而采用了 $a_n = \sqrt{a^2 - a_t^2}$ 的方法,

然后再由 $a_n = \frac{v^2}{\rho}$ 求出 ρ , 应注意学习这种解题技巧。

问 题 解 答

1-1 在一艘内河轮船中，两个旅客有这样的对话：

甲：我静静地坐在这里好半天了，我一点也没有运动。

乙：不对，你看看窗外，河岸上的物体都飞快地向后掠去。船在飞快前进，你也在很快地运动。

试把他们讲话的含义阐述得确切一些。究竟旅客甲是运动，还是静止？你如何理解运动和静止这两个概念。

答 甲、乙两人的话都是对的，只是他们所选的参考系不同而已。自然界中所有的物体都在不停地运动着，绝对静止不动的物体是没有的。选取的参考系不同，对物体运动情况的描述也有所不同。若以轮船为参考系，静静坐在船里的旅客甲是静止的；若以河岸上的物体为参考系，旅客甲随船在飞快前进，当然是运动的。

1-2 有人说：“分子很小，可将其当作质点；地球很大，不能当作质点”对吗？

答 这种说法是错误的。因为定义质点并不是只看物体本身的大小，而是看物体的大小和形状的变化，对物体运动的影响是否大，若能忽略这些影响，就可以看作质点。地球是很大，但在研究地球公转时，由于日地距离远大于地球半径，地球上各点相对于太阳的运动可以看作是相同的，此时当然可以把地球当作质点。

1-3 已知质点的运动方程为 $\mathbf{r} = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j}$ ，有人说其速度和加速度分别为

$$v = \frac{dr}{dt} \quad a = \frac{d^2r}{dt^2}$$

其中 $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ 。你说对吗？

答 不对。质点在 Oxy 平面内作曲线运动时，运动方程为 $\mathbf{r} = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j}$ 随时间变化， $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ 是 t 时刻位置矢量 $\mathbf{r}$ 的大小。质点的速度应为 $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$ ，其大小为速率 v ，

$$v = |\mathbf{v}| = \left| \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right| = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2}$$

它不等于 r 的大小随时间的变化率。

$$v_r = \frac{dr}{dt} = \frac{d}{dt}(\sqrt{x^2 + y^2})$$

即 $|\mathrm{d}\mathbf{r}| \neq \mathrm{d}r$

同理 $\frac{\mathrm{d}^2 r}{\mathrm{d}t^2}$ 只是位置矢量 $\mathbf{r}$ 的模对时间的二次变化率, 并不是质点的加速度。

1-4 在习题 1-5 中, 有人认为: 船速为 $v = v_0 \cos \theta$, 由此得出的答案是错的。你知道错在哪里吗?

答 该题中绳速 v_0 是指收绳的速度也是绳上各点速度在沿绳方向上的分量, 系在船上的绳尾的速度与船速相同, 它有沿绳方向上的分量, 也有垂直绳的分量, 所以船速应该是大于绳速的, 即 $v_0 = v \cos \theta$ 。

1-5 如果一质点的加速度与时间的关系是线性的, 那么, 该质点的速度和位矢与时间的关系是否也是线性的呢?

答 质点的速度和位矢与时间的关系都不是线性关系。因为 $\mathbf{a} = \frac{\mathrm{d}\mathbf{v}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}^2 \mathbf{r}}{\mathrm{d}t^2}$, 显然若加速度与时间的关系是线性的, 速度和位矢与时间的关系是积分求得的, 所以都不是线性关系。

1-6 一人站在地面上用枪瞄准悬挂在树上的木偶。当击发枪机, 子弹从枪口射出时, 木偶正好从树上由静止自由下落。试说明为什么子弹总可以射中木偶?

答 因为子弹在竖直方向上的运动和木偶的运动一样, 都是由静止自由下落。

1-7 一质点作匀速率圆周运动, 取其圆心为坐标原点。试问: 质点的位矢与速度、位矢与加速度、速度与加速度的方向之间有何关系?

答 质点的位矢方向沿半径向外, 速度的方向为切向, 即位矢与速度的方向始终是垂直的; 匀速率圆周运动质点的加速度方向指向圆心, 即位矢与加速度的方向相反; 速度与加速度的方向也始终彼此垂直。

1-8 在《关于两门新科学的对话》一书中, 伽利略写道: “仰角(即抛射角)比 45° 增大或减小一个相等角度的抛体, 其射程是相等的” 你能证明吗?

答 设仰角为 θ , 增减角为 φ , 则 $\theta = 45^\circ \pm \varphi$, 斜抛运动的运动方程为

$$x = v_0 t \cos \theta, \quad y = v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2} g t^2$$

令 $y = 0$ 并消去 t 得

$$x = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta = \frac{v_0^2}{g} \sin(90^\circ \pm 2\varphi) = \frac{v_0^2}{g} \cos 2\varphi$$

所以对于 $\theta = 45^\circ + \varphi$ 和 $\theta = 45^\circ - \varphi$ 都有相等的射程。

1-9 下列说法是否正确:

(1) 质点作圆周运动时的加速度指向圆心;